

沪昆高速铁路多线变宽道岔连续梁施工技术

杨润基, 王焕强

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川成都 610081)

摘要:沪昆高速铁路铜仁南站的上院子大桥为多线变宽高速道岔连续梁结构,主要孔跨布置为 $4 \times 32 + (32 + 40 + 32)$ m,其中设置渡线的第1~4跨为 4×32 m 双线现浇连箱梁,第5~7跨为六线变四线道岔连续梁,桥面宽27.88~22.04 m,梁体全长105.1 m,箱内结构由单箱四室渐变为单箱三室。设计采用支架法一次性分段浇筑混凝土、全梁张拉的施工工艺。阐述了该桥道岔连续梁采用的施工技术,解决了西南山区高墩支架设计、静载预压及变形沉降观测评估、全桥预应力管道穿束张拉等难题,可为今后类似工程提供参考和借鉴。

关键词:沪昆高速铁路;多线变宽;道岔连续梁;施工技术

中图分类号: U215; U213

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2018)06-0020-04

1 工程概述

上院子变宽多线大桥设计里程范围为:DK437+918.5~DK438+162.65,桥梁孔跨布置为 $4 \times 32 + (32 + 40 + 32)$ m 变宽连续梁。梁体截面类型为单箱多室直腹板等高截面箱梁,防护墙内侧净宽18.8~24.68 m,桥面板宽22.04~27.88 m,底板宽16.74~22.58 m;梁体全长105.1 m,边支座中心线至梁端距离为0.75 m,横向支座中心线距为3.27~6.67 m;全梁等高,梁高为3.05 m,顶板厚35 cm,边跨端块处顶板厚度由35 cm 渐变至60 cm;底板厚30 cm,边跨端块处底板厚度由30 cm 渐变至60 cm,腹板厚40~60 cm。梁体混凝土采用C55混凝土浇筑,现浇连续梁混凝土总方量为2 750 m³。

2 施工重、难点问题的控制

根据施工工期及梁类型特点,该桥第5~7跨为六线变四线道岔连续梁,桥面宽27.88~22.04 m,梁体全长105.1 m,箱内结构由单箱四室渐变为单箱三室。结合上院子大桥所处山区高墩、高边坡桥址地形状况,第5、6跨采用梁柱式支架、第7跨采用满堂支架相结合的方案现浇法施工梁部。

为检查并验证梁柱式支架及碗扣式支架的安全性及整体稳定性,为现浇梁施工提供安全及技术保障,该桥施工的首要重难点控制工作是支架预压。由于其基础受压后具有一定的沉降,支架杆件之间存在缝隙等非弹性变形。为消除以上非

弹性变形,得到实际的弹性变形用以调整施工预留拱度,保证成桥后梁体的线型,必须对支架进行预压。

上院子大桥六线变四线结构复杂,一次性浇筑混凝土方量大,设计方案为2 750 m³高性能C55混凝土一次性浇筑。大桥施工现场狭窄,线路左侧临近舞阳河畔,线路右侧为高边坡、冲沟,需对设备的性能、机械停放及调头等进行综合考虑、准确计算,对施工现场的组织管理要求高。

该桥设计预应力为全桥通长张拉,预应力管道线形精度要求高、穿束难度大且需事先分段浇筑完成后,再进行全桥穿预应力穿束,最后再进行整体张拉。该梁纵向预应力束最长达114.5 m,因此,如何保证预应力管道线性、顺利穿束、张拉等的工艺质量是其施工的重难点。

3 现浇多线变宽道岔连续箱梁关键技术

3.1 支架、模板的施工及静载预压

3.1.1 支架地基的处理

根据对该桥所处位置的地质资料及静力触探数据进行综合分析并结合现场地形地貌,支架基础处理采用多种方式相结合(图1)。4#~5#墩梁柱式支架基础处于冲沟正中心位置,属于多年冲积形成的淤泥软弱地层,采用6根桩径为1 m、桩长6 m的钻孔桩基础;5#~6#墩之间跨度大,受力最不利,最终采取清除该处约1 m厚的表层土使其底部落到弱风化花岗岩上,梁柱式支架基础采用1.5 m×3 m×20.3 m条带型扩大基础;6#~7#

收稿日期:2018-09-15

墩梁底至原地面高度为5 m,原地面为全风化花岗岩、地基承载力为200 kPa,采用先回填30 cm

厚级配碎石再浇筑10 cm厚C20混凝土垫层的方式进行处理。

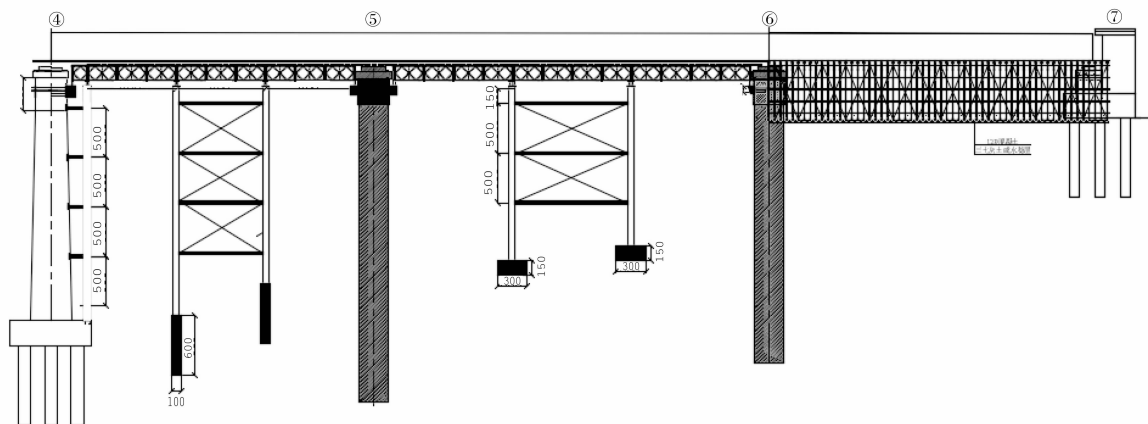


图1 上院子多线变宽大桥支架基础示意图

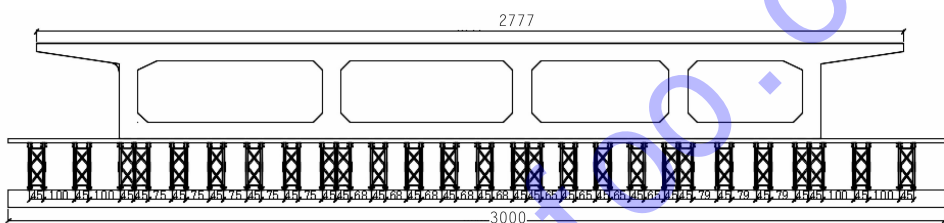


图2 贝雷梁布置横断面图

3.1.2 支架设计

根据现场实际情况,4#~5#墩、5#~6#墩均采用依墩牛腿支架和6根/组、总计2组φ350×10 mm独立钢管立柱支撑体系(图1),支撑顶部铺设321加强型贝雷梁的施工方式(图2)。为增加独立钢管立柱的整体稳定性和折减长细比,从地面起间距5 m设置了一道横向水平连接并加设竖向剪刀撑。牛腿支架采用厚12 mm的Q345高强钢板加工,牛腿主体为矩形空心结构,外侧加设加劲板并使用10根φ32精轧螺纹钢加固安装;6#~7#墩采用60 cm×60 cm×120 cm碗扣式脚手架,大小里程端部4.8 m区域加强为60 cm×30 cm×120 cm。

(1)贝雷梁支架的检算。单片贝雷梁的抗弯能力 $[M] = 788 \text{ kN} \cdot \text{m}$,抗剪能力 $[Q] = 245 \text{ kN}$ 。以5#~6#墩间跨度最大,受力最不利。将49块贝雷梁作为一个整体进行承载力验算。

贝雷梁抗弯能力:

$$[\sum M] = 788 \times 49 = 38\ 612 (\text{kN} \cdot \text{m})$$

抗弯安全系数:

$$n = [M] / M = 38\ 612 / 13\ 277 = 2.9, \text{安全。}$$

贝雷梁抗剪能力:

$$[\sum Q] = 245 \times 49 = 12\ 005 (\text{kN})$$

抗剪安全系数:

$$n = [Q] / Q = 12\ 005 / 6\ 638 = 1.8, \text{结构安全。}$$

(2)碗扣支架的检算结果见表1。

表1 碗扣支架检算表

截面	位置	荷载 /kN·m ⁻²	杆件布置 /cm	步距 /cm	杆件允许荷载 /kN·m ⁻²	安全系数	结论
跨中断面	翼缘板	32.5	60×60	120	83.3	2.5	安全
	底板	36.7	60×60	120	83.3	2.3	安全
	腹板	114.2	30×60	120	166.7	1.5	安全
端部截面	翼缘板	32.5	60×60	120	83.3	2.5	安全
	底板	114.2	30×60	120	166.7	1.5	安全
	腹板	114.2	30×60	120	166.7	1.5	安全

3.1.3 支架预压

为检查并验证碗扣式支架的安全性及整体稳定性,消除支架体系中节点缝隙产生的非弹性变形并实测支架系统的弹性形变,保证成桥后的线型,对支架实施了预压。预压按照梁体重量的120%分三级进行加载,即0%→60%→100%→120%。为准确测量预压试验数据,全桥纵桥向在两端、1/4跨、1/2跨及3/4跨布置了观测点。

实际预压试验观测数据见表2。通过对所取得的预压数据进行分析得知:两种支架形式(梁柱式、碗扣式支架)、三种基础处理形式(钻孔桩基础、条带型扩大基础、换填夯实)均满足现场施工要求。支架预压过程中预压袋的码放按照梁体的实际受力情况进行码放,模拟支架实际荷载的分布情况。

表2 预压数据统计表

类别	项目	4#~5#墩 /mm	5#~6#墩 /mm	6#~7#墩 /mm
加载阶段	基础最大沉降	1	2	1
	支架最大沉降	12	12	2
卸载阶段	基础最大沉降	1	2	1
	支架最大沉降	1	1	1
成果分析	最大弹性形变	12	12	1
	最小弹性形变	9	6	0

3.2 混凝土浇筑

梁体混凝土采用C55一次浇筑成型,现浇连续梁混凝土总方量为2750 m³,浇筑纵向长度为105.1 m。混凝土浇筑作业面大,一次性浇筑方量大,连续作业时间长,混凝土浇筑为该桥施工的重难点。在混凝土浇筑前,进行了详细的技术准备,采用分段、分层推进方式浇筑,使用了大量的机械设备,并对混凝土浇筑过程中的重难点问题提出了专项控制措施。

3.2.1 技术准备

编制了详细的施工方案。混凝土浇筑时,从4#墩端头开始向大里程方向推进。浇筑时采用分层、分段逐步向前推进的方式进行。水平分层为:第1层底腹板倒角(自内箱板内向上70 cm),第2层下腹板(自内箱板内向上150 cm),第3层为底板,第4层为上腹板(自内箱板内向上240 cm),第5层为顶板。纵向分段:台阶分层斜向浇筑向前推进。混凝土下料从腹板处进行,第一层厚度

为70 cm,浇筑长度为25 m,第一层浇筑完成静置2 h后方可浇筑第二层混凝土。

对施工人员进行详细分工,针对浇筑过程中的混凝土作业、生产运输、测量、物资设备、安全质量、技术指导、施工用电用水、混凝土性能现场检测、后勤保障等分别安排专职人员全过程跟踪。

3.2.2 混凝土浇筑重难点问题的控制

(1)腹板处混凝土振捣。由于腹板处较为狭窄(40~60 cm)且向内侧倾斜并预埋有大量的预应力波纹管,波纹管之间边到边的距离较小,故在浇筑混凝土时应严格控制振捣棒的插入方式,避免其直接接触波纹管而造成波纹管变形等重大质量事故。具体的处理方式:①振捣时可根据腹板倾斜度在波纹管之间进行振捣。②由于保护层较小模板和钢筋之间距离有限,保护层采用φ30振捣器进行振捣。

(2)金属波纹管的防堵措施。为了防止金属波纹管渗漏水泥浆造成的封堵,在混凝土浇筑过程中,对未穿钢绞线的底板束在混凝土浇筑过程进行通水并保证其在浇筑过程中水流通畅,对已穿束的腹板束则在其两端加设拉动设备(卷扬机或手拉葫芦)对钢绞线进行缓慢地来回拉动。

(3)预埋件的防护。预埋件包括泄水管、通风孔、接地钢筋、梁面预埋套筒、预埋接触网支柱基础。在混凝土浇筑时,应严格控制振捣距离,避免振捣棒和预埋件直接接触而造成预埋件移位或偏位等。同时,在预埋件安装时,对相对薄弱的通风孔与泄水孔内部灌砂并需采用钢筋网片固定牢靠,必要时采用螺旋筋定位加固,其他预埋设施的定位由于其本身可与梁体钢筋进行焊接,能够确保定位牢靠。

(4)芯模内部的降温措施。由于混凝土在浇筑过程中不停地产生水化热,且其芯模内部较为封闭,故在浇筑期间,芯模内部的温度必然很高,为了保证在其内部工作的施工人员人身安全,在两侧各设置了1台鼓风机对芯模内部实施通风降温,从而保证了梁体混凝土浇筑的顺利进行。

3.3 预应力张拉

(1)波纹管定位。该梁纵向预应力束最长达114.5 m,波纹管在空间结构中多角度转点,转折角度共计38个(图3)。

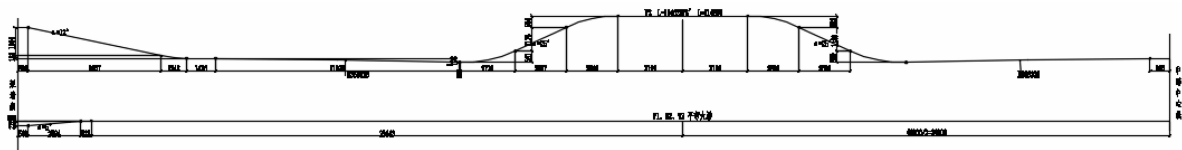


图3 1/2 预应力平弯竖弯大样图

为确保波纹管的安装精度,该桥预应力管道采用坐标法控制,即将波纹管每个转折点相对于梁端的里程、相对于底板中心的偏距、相对于梁底板的高程形成坐标表,标记每个坐标点,顺接两个相邻坐标点,并在直线段间隔0.5 m设置一次定位钢筋,曲线段间隔0.3 m设置一次定位钢筋。

(2) 预应力张拉。预应力束最长的为W1束,

全长114.5 m,钢束的伸长量为305.36 mm,锚外控制应力为1 333.2 MPa,W1束为15股、直径为15.24 mm的钢绞线,钢绞线截面面积为140 mm²,弹性模量为195 GPa。施工使用的450 t穿心式千斤顶的最大行程为200 mm,现场采用双顶张拉法和倒顶张拉法分别进行试验后确定的施工方式见表3~5。

表3 千斤顶校验参数表

项目	顶 号			
	1#顶	2#顶	3#顶	4#顶
表号	17050293	17050393	17042555	17050377
回归方程	$P=0.01336F+0.08912$	$P=0.01337F+0.10437$	$P=0.01314F+0.33774$	$P=0.01346F+0.03524$

双顶张拉法:采用两个千斤顶叠加的方式进行张拉,1#顶0→初始应力(0.2倍 σ_{con}) (持荷5 min 锚固)→回顶→0→0.6 σ_{con} (持荷5 min 锚固)→2#顶0→1 σ_{con} (持荷5 min 锚固)(表4)。

倒顶张拉法:0→初始应力(0.2倍 σ_{con})→0.3 σ_{con} (持荷5 min 锚固)→回顶→0→0.6 σ_{con} (持荷5 min 锚固)→回顶→0→1 σ_{con} (持荷5 min 锚固)(表5)。

表4 双顶叠加法张拉试验记录表

项目	顶 号							
	1#顶		2#顶		3#顶		4#顶	
表号	17050293		17050393		17042555		17050377	
读数	油表读数	伸长量	油表读数	伸长量	油表读数	伸长量	油表读数	伸长量
20%	7.57	178.4	0	0	7.7	176.6	0	0
60%	22.53	182.3	0	0	22.41	183.1	0	0
100%	37.49	182.3	37.54	123.1	37.13	183.1	37.72	122.26

表5 倒顶法张拉试验记录表

项目	顶 号			
	1#顶		2#顶	
表号	17050293		17050393	
读数	油表读数	伸长量	油表读数	伸长量
20%	7.57	177.4	7.59	177.3
30%	11.31	93.61	11.33	93.3
60%	22.53	92.59	22.56	91.1
100%	37.49	121.96	37.54	122.8

试验结果:双顶叠加法最终伸长量为305.4 mm和305.46 mm,安装在同一组的两个压力表读数在持荷5 min后其读数均达到设计要求。倒顶张拉法最终伸长量为308.16 mm和307.2 mm,

油表读数达到设计要求。综合比较两种张拉方法,双顶叠加法伸长量和油表读数更为满足设计要求,而倒顶张拉法当油表读数达到设计值时,伸长量超出设计范围,判定为超张拉。

通过施工前的张拉试验,准确地分辨出两种张拉方法之间存在的差异,为现场实际施工质量控制提供了依据,最终现场采用双顶叠加张拉法施工。

4 结 语

通过对上院子道岔连续梁多种基础处理形式、多种支撑形式相结合的施工方式进行深入研究,对混凝土浇筑各个工序进行详细安排,加之预应力体系的双顶张拉法、倒顶张拉法的试验和实

(下转第26页)

火烧寨沟人工砂石加工系统、混凝土拌和及制冷系统平面布置图



图 1 火烧寨沟砂石加工、混凝土拌和及制冷系统优化后的平面布置图

自带设计方案投标,由于投标阶段做施组的有效时间短,施组设计、系统工艺及结构设计图纸、工程量计算等工作量大,对系统工艺及平面布置很难做到充分的优化设计。一旦中标,对原投标阶段的加工工艺、平面布置及结构设计的优化就显得尤为重要。该系统中标后,项目部在系统主要设备没有任何改动的情况下,对工艺及平面布置进行了较好的优化设计。优化后的中碎、细碎、超细碎及预筛分、主筛分、检查筛分车间成矩形布置,比原平面布置清晰,胶带机由 48 条减少至 34 条,既节省了系统的建安工程量,缩短了系统的建安工期,又节约了系统运行成本。优化后的拌和站和水泥罐均座落在开挖后的基岩上,消除了拌

和系统正常运行的安全隐患。

该系统砂石加工、混凝土拌和及制冷系统工艺及布置优化后的效果表明:在砂石加工系统加工工艺已相当成熟、业主要求极其严格的条件下(主要破碎筛分设备不变的情况),对系统工艺进行局部优化、平面布置进行调整极为重要。该系统的优化对其它砂石加工、混凝土拌和系统建安和运行具有较好的借鉴意义。

作者简介:

肖炯洪(1970-),男,四川洪雅人,副局长兼总工程师,高级工程师,从事水电工程施工技术与管理工
李盛林(1975-),男,重庆梁平人,分局长助理,高级工程师,从事水电工程施工技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 23 页)

际应用,为该梁的安全、优质、按期施工提供了重要的保证,并为后续连续梁支撑体系优化提供了依据,为大体积复杂结构混凝土浇筑建立了管理范本,对超长预应力管道施工明确了施工方法。

参考文献:

[1] 刘东跃. 施工临时支撑结构专项技术方案[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社, 2013.

[2] 建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术规范, JGJ166 - 2016[S].

作者简介:

杨润基(1990-),男,甘肃天水人,助理工程师,从事铁路工程施工技术及管理工
王焕强(1978-),男,四川成都人,高级工程师,从事铁路工程施工技术及管理工

(责任编辑:李燕辉)